



FACULTAD DE **INGENIERÍA**

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE UN SISTEMA CLEAN IN PLACE EN CISTERNAS DE TRANSPORTE PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA LECHE FRESCA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR LÁCTEO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Carlos Manuel Chicoma Arce

Xiomara Eloiza Rojas Rodríguez

Asesor:

Ing. Mg. Frank Alberto Tello Legoas

Cajamarca - Perú

2020

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	ix
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Hipótesis	16
1.4.1. Hipótesis general	16
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	17
2.1. Tipo de investigación	17
2.2. Materiales, técnicas e instrumentos y métodos de recolección de datos.....	17
2.2.1. Materiales	17
2.2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
2.2.3. Métodos.....	18
2.2.3.1. Método del hisopo	20
2.2.3.2. Método del enjuague	21
2.2.3.3. Método de Cuenta en placa de bacterias – UFC.....	22
2.2.3.4. Método de técnicas básicas de coliformes.....	25
2.3. Procedimiento	28
2.4. Operacionalización de variables.....	34
2.5. Matriz de consistencia.....	35
CAPÍTULO III. RESULTADOS	36
3.1. Objetivo Específico 1	36
3.1.1. Diagnóstico de la situación actual de la limpieza de cisternas.....	37
3.1.1.1. Perfil microbiológico de UFC en cisternas de transporte de leche fresca.....	38
3.1.1.2. Perfil microbiológico de coliformes en cisternas de transporte de leche fresca ...	40
3.1.1.3. Ishikawa de cisternas de transporte de leche fresca mal lavadas.....	43

3.1.1.4.	Diagrama de Pareto del análisis actual de la limpieza de cisternas	44
3.1.2.	Análisis de la situación actual de la calidad de la leche.....	45
3.1.2.1.	Perfil microbiológico de UFC en leche fresca	45
3.1.2.2.	Perfil microbiológico de coliformes en la leche fresca.....	47
3.1.2.3.	Ishikawa del elevado recuento de UFC Y coliformes en la leche fresca.....	50
3.1.2.4.	Diagrama de Pareto de las causas del elevado recuento de UFC Y coliformes en la leche fresca	51
3.1.3.	Calidad a la primera y cantidad de leche rechazada por acidez	52
3.1.3.1.	Calidad a la primera (FTQ)	52
3.1.3.2.	Cantidad de leche rechazada por acidez	53
3.1.3.3.	Diagrama de operaciones de limpieza de cisternas antes del diseño de un sistema CIP...53	
3.2.	Objetivo Específico 2	55
3.2.1.	Diseño del sistema Clean in Place (CIP)	55
3.2.2.	Características que debe cumplir el diseño del sistema Clean In Place en camiones cisterna de transporte de leche fresca	56
3.2.3.	Plano del diseño del circuito Clean In place para camiones cisterna de transporte de leche fresca en la empresa del sector lácteo.....	58
3.2.4.	Eficacia del diseño del sistema Clean in place después de diseño CIP	59
3.2.5.	Diagrama de operaciones de limpieza de cisternas después del diseño del sistema CIP ..64	
3.2.6.	Diagrama automatizado del diseño del circuito CIP para camiones cisterna en el panel view.	66
3.3.	Objetivo Específico 3	68
3.3.1.	Diagnóstico después del diseño de un sistema CIP en cisternas de transporte de leche fresca	68
3.3.1.1.	Perfil microbiológico de UFC en cisternas de transporte después del diseño CIP..	68
3.3.1.2.	Perfil microbiológico de coliformes en cisternas de transporte después del diseño Clean In Place	70
3.3.2.	Análisis de la calidad de la leche fresca después del diseño del sistema de limpieza.....	71
3.3.2.1.	Perfil microbiológico de UFC para diagnosticar la calidad de la leche fresca después del diseño del sistema de limpieza CIP.....	71
3.3.2.2.	Perfil microbiológico de coliformes para diagnosticar la calidad de la leche fresca después del diseño del sistema de limpieza	73
3.4.	Objetivo Específico 4.....	74
3.4.1.	Costo de no calidad de leche fresca	74
3.4.2.	Inversión inicial de activos.....	75

3.4.3. Flujo de inversión	77
3.4.4. Flujo de caja.....	78
3.4.5. Cálculo del Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC).....	79
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	81
4.1. Discusión	81
4.2. Conclusiones	83
REFERENCIAS	84
ANEXOS.....	88
Anexo 1: Marco Teórico	88
Anexo 2: Encuesta	107
Anexo 3: Resultados de encuesta	110
Anexo 4: Hoja de verificación CIP	119
Anexo 5: Hoja de Capacitación CIP a colaboradores.....	120
Anexo 6: Validación de receta CIP	122
Anexo 7: Turbulencia a distintas velocidades	123
Anexo 8: Protocolos de análisis de muestra de cisternas.....	124
Anexo 9: Protocolos de análisis de muestra de leche fresca.....	126
Anexo 10: Formato resumen de observaciones en la limpieza de cisternas.....	128
Anexo 11: Formato resumen de observaciones en la calidad de la leche fresca	129
Anexo 12: Hoja de Datos de Seguridad de Materiales – soda caustica.....	130
Anexo 13: Hoja de Datos de Seguridad de Materiales – ácido fosfórico.....	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Detalle de Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos.....	18
Tabla 2:	Promedio de UFC y coliformes en Centros de Enfriamiento y transporte a planta	28
Tabla 3:	Procedencia de las rutas y recepción diaria de leche fresca.....	37
Tabla 4:	UFC en cisternas de leche fresca - antes.....	39
Tabla 5:	Coliformes en cisternas de leche fresca - antes	41
Tabla 6:	Causas de lavado ineficiente de cisternas	44
Tabla 7:	UFC en leche fresca antes del diseño Clean In Place	46
Tabla 8:	Coliformes en la leche fresca antes del diseño Clean In Place	48
Tabla 9:	Causas del elevado recuento de UFC Y coliformes en la leche fresca	51
Tabla 10:	Cantidad de leche rechazada por acidez	53
Tabla 11:	Las 6 T operacionales del Clean In Place	57
Tabla 12:	Receta Clean In Place de lavado de camiones cisterna	60
Tabla 13:	Reposición de soda caustica al 50%.....	63
Tabla 14:	Reposición de ácido fosfórico al 78%.....	63
Tabla 15:	UFC en cisternas después del diseño Clean In Place	69
Tabla 16:	Coliformes en cisternas después del diseño Clean In Place	70
Tabla 17:	UFC en la leche fresca después del diseño Clean In Place.....	72
Tabla 18:	Coliformes en la leche fresca después del diseño Clean In Place	73
Tabla 19:	Costo de no calidad de leche fresca	74
Tabla 20:	Inversión inicial del diseño de un sistema Clean In Place.....	75
Tabla 21:	Flujo de inversión del diseño de un sistema Clean In Place	77
Tabla 22:	Costos proyectados.....	78
Tabla 23:	Cálculo del costo promedio ponderado de capital	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Método de Cuenta de bacterias en placa para UFC	25
Figura 2:	Método de determinación del número máximo permitido (NMP) de coliformes ...	27
Figura 3:	Procedimiento y herramientas para obtener datos de muestras	29
Figura 4:	Mapa de proceso para obtener datos de muestras	30
Figura 5:	UFC en cisternas de leche fresca - antes.....	40
Figura 6:	Coliformes en cisternas de leche fresca - antes	42
Figura 7:	Ishikawa de cisternas de transporte de leche fresca mal lavadas.....	43
Figura 8:	Pareto de las causas de lavado ineficiente de cisternas.....	45
Figura 9:	UFC en leche fresca antes del diseño CIP	47
Figura 10:	Coliformes en la leche fresca antes del diseño CIP.....	49
Figura 11:	Ishikawa del elevado recuento total de UFC Y coliformes en la leche fresca	50
Figura 12:	Pareto causas del elevado recuento de UFC Y Coliformes en la leche fresca	52
Figura 13:	Diagrama de operaciones de limpieza antes del diseño Clean In Place	54
Figura 14:	Diseño del Sistema Clean In Place (CIP).....	55
Figura 15:	Plano del diseño del circuito Clean In place para camiones cisterna de transporte de leche fresca.....	58
Figura 16:	Diagrama de operaciones de limpieza después del diseño CIP.....	65
Figura 17:	Circuito CIP automatizado para camiones cisterna en el SCADA.....	66
Figura 18:	UFC en cisternas después del diseño Clean In Place	69
Figura 19:	Coliformes en la leche fresca después del diseño CIP	71
Figura 20:	UFC en la leche fresca después del diseño del sistema CIP	72
Figura 21:	Coliformes en la leche fresca después del diseño CIP	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1:	Ecuación calidad a la primera (FTQ).....	52
Ecuación 2:	Número de Reynolds.....	61
Ecuación 3:	Cantidad de químico a agregar al tanque CIP.....	62

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo general diseñar un sistema de limpieza CIP (Clean In Place) en cisternas de transporte para mejorar la calidad de la leche fresca en una empresa del sector lácteo, producto que es utilizado en la fabricación de alimentos para adultos y para fórmulas infantiles. Al diseñar el sistema CIP (Clean In Place) en las cisternas de transporte de leche fresca, se busca recepcionar una leche de calidad y por ende contribuir en la calidad del producto final, así mismo, buscamos reducir costes ocasionados por la mala calidad de la materia prima.

Para el estudio realizado en el área de recepción de leche fresca y limpieza de cisternas de transporte, se utilizaron herramientas aprendidas en la carrera de Ingeniería Industrial, como diagramas de operaciones, mapas de procesos, productividad y otros. El análisis de la eficacia y el estudio de tiempos en el sistema actual de limpieza fueron los principales métodos para determinar el diseño de un sistema CIP (Clean In Place) para el lavado de cisternas de transporte de leche fresca, con lo cual se busca reemplazar los procesos manuales de limpieza por el del sistema CIP (Clean In Place).

Los resultados que se han obtenido en este trabajo de investigación nos demuestran que al realizar un diseño de limpieza Clean In Place en la empresa del sector lácteo, se ha logrado mejorar considerablemente la calidad de la leche fresca, eliminando en su mayoría a microorganismos patógenas existentes y haciéndolo económicamente viable.

Palabras clave: CIP, Eficacia, Calidad, UFC, Coliformes, FTQ

ABSTRACT

The present study has as a general objective design of a CIP (Clean In Place) cleaning system in transport tanks to improve the quality of the fresh milk in a dairy company, product that is used in the manufacture of food for adults and for infant formulas. When the design system CIP (Clean In Place) in the transport tanks of fresh milk, It seeks to receive a quality milk and therefore contribute to the quality of the final product, ikewise, we seek to reduce costs caused by the poor quality of the raw material.

For the study carried out in the area of reception of fresh milk and cleaning of transport tanks, tools learned in the Industrial Engineering career were used, such as operation diagrams, process maps, productivity and others. The analysis of the effectiveness and the study of times in the current cleaning system were the main methods to determine the design of a CIP (Clean In Place) system for washing fresh milk transport tanks, which seeks to replace manual cleaning processes by the CIP (Clean In Place) system.

The results that have been obtained in this research work show us that by carrying out a CIP cleaning design in the dairy sector company, the quality of fresh milk has been considerably improved, mostly eliminating existing pathogenic microorganisms and making it economically viable.

Keywords: CIP, Effectiveness, Quality, UFC, Coliforms, FTQ

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

REFERENCIAS DE TESIS

- Torres, F. (2016). *Diseño y propuesta del sistema automatizado Clean In Place (CIP) en el área de producción de una empresa láctea de Cajamarca, para mejorar la eficiencia de los ciclos de lavado*. (Tesis de Titulación). Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Chacón, S. (2011). *Estudio para el mejoramiento del sistema de limpieza de la línea de yogurt en la planta de derivados de la empresa FRESKALECHE S.A.* (Tesis de Titulación). Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Cuadrado, F. & Guerra, E. (2018). *Diseño de un sistema automatizado CIP (Clean In Place) para la limpieza de tanques de almacenamiento de saborizante líquido*. (Tesis de Titulación). Facultad de ciencias de la Ingeniería. Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador.
- Viruega, D. (2018). *Sistema de limpieza CIP en una industria de fabricación de cerveza*. (Tesis de Titulación). Escuela De Ingenierías Industriales. Universidad De Valladolid, Valladolid, España.

REFERENCIAS DE LIBROS

- AB, T. P. (1996). MANUAL DE INSUSTRIAS LACTEAS. SUECIA: A. MADRID VICENTE, EDICIONES.
- Camacho, A., Giles, M., Palao, M., Serrano, B., & Velásquez, O. (2009). Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos 2da ed. Facultad de Química. México: UNAM.
- Cerda Gutierrez, H. (1993). Los elementos de la investigación. Quito: ABYA YALA.
- Doyle, M. P., Beuchat, L. R., & Montville, T. J. (2001). Microbiología de los alimentos, Ciencia y tecnología de los alimentos. ESPAÑA: ACRIBIA S.A.
- Estevan, C. M. (2018). Diseño de un Sistema Automatizado CIP (Clean In Place) para la limepieza de tanques de almacenamiento de saborizante líquido. Ecuador.
- Heer, D. G. (2007). Cátedra de Tecnología de la leche. Argentina: Facultad de Ciencias Veterinarias – UNL.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. México: MCGRAW.HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2009). MICROBIOLOGIA MODERNA DE LOS ALIMENTOS. ESPAÑA: ACRIBIA S.A.
- Lluís, C. (2010). Gestión Integral de la Calidad. Barcelona: PROFIT.
- Medina, Fernández, A., Martínez Berrocal, L., & Paredes. (2010). TECNOLOGÍA PRODUCTIVA EN LÁCTEOS - CALIDAD DE LECHE. LIMA - PERÚ: Solid OPD.
- Nasanovsky, M. Á., Garijo, R. D., & Kimmich, R. C. (2011). Dairy processing handbook (esquemas y dibujos). Suiza: Suiza.
- NESTLÉ S.A. (2010). TECHNICAL MANUAL FOR CLEANING IN PLACE. CLEANING IN PLACE, 1-79.
- NESTLÉ S.A. (2011). HYGIENIC ENGINEERING. SUIZA: NESTEC.
- NESTLÉ S.A. (2016). MANUAL DE INDICADORES. SUIZA: NESTEC.
- Piñeros Gómez, G. (2004). Calidad e inocuidad de alimentos, una realidad para el futuro. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Agronomía.
- Piñeros Gómez, G. (2005). Los puntos críticos de HACCP. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Agronomía.

Universidad Nacional Abierta. (1991). Medios, Instrumentos, Técnicas y Métodos en la recolección de datos e información. En H. Cerda Gutierrez, Los elementos de la investigación (págs. 235-339). Bogotá: EL BUHO.

Valdivia, C. A. (2010). diseño de sistema de lavado de estanques automatizado cip (clean in place). Chile.

REFERENCIAS DE REVISTAS PUBLICADAS EN INTERNET

Zavala, J., (2010). Estudio del desarrollo histórico del sector lácteo contemporáneo. En revista Cien años de lechería peruana. Recuperado de:
<http://repositorio.minagri.gob.pe/handle/MINAGRI/55>.

Morales, M., Hernández, D. & Pérez, M. (2014). Método De Limpieza Clean In Place (Cip), Parte Importante De La Producción Más Limpia (P+L) En Una Industria Láctea. En revista Centro Interdisciplinario De Investigación Para El Desarrollo Integral Regional. Recuperado de:
http://www.ciirdurango.ipn.mx/REVISTA_VIDSUPRA/Documents/tabla%20contenido%20v6%20n2/6_METODO%20DE%20LIMPIEZA_MAYRA%20ISABEL%20MORALES.pdf.

INDISA on line. (2006). CLEANING IN PLACE (CIP). *INDISA on line*, 1-6.
<http://www.indisa.com/indisaonline/anteriores/Indisa%20On%20line%2035.pdf>